

PUB-NO: DE003310345A1
DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 3310345 A1
TITLE: Method and device for measuring workpieces in three dimensions
PUBN-DATE: September 27, 1984

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MEINKE, PETER DIPL ING DR	DE
TRUCKENBRODT, ANDREAS DIPL ING	DE
MEHLTRETTER, PETER J DR	DE
MEHLTRETTER, MICHAEL J DIPL ING	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MASCHF AUGSBURG NUERNBERG AG	DE

APPL-NO: DE03310345

APPL-DATE: March 22, 1983

PRIORITY-DATA: DE03310345A (March 22, 1983)

INT-CL (IPC): G01B021/04

EUR-CL (EPC): G01B003/00 ; G01B021/04, G01B005/008

US-CL-CURRENT: 33/IMP

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O> Method and device for three-dimensional measurement of workpieces by means of a probe which can move in three dimensions and largely independent of direction. The method consists in causing the probe to move via a multiple-joint system. The multiple-joint system can be constructed from two or more arms joined to one another sequentially in an articulated fashion, or by means of a parallelogram linkage. The probe head is then highly mobile and can be brought, while avoiding obstacles, to a measuring point of a workpiece to be measured, it being possible, moreover, for the speed during touching to be higher than in the case of the rigid measuring machines having guide carriages. <IMAGE>



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 33 10 345.3
22 Anmeldetag: 22. 3. 83
43 Offenlegungstag: 27. 9. 84

DE 33 10345 A1

71 Anmelder:

M.A.N. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG,
8000 München, DE

72 Erfinder:

Meinke, Peter, Dipl.-Ing. Dr., 8031 Steinebach, DE;
Truckenbrodt, Andreas, Dipl.-Ing. Dr., 8000
München, DE; Mehlretter, Peter J., Dr.,
(verstorben), DE; Mehlretter, Michael J., Dipl.-Ing.,
8023 Pullach, DE

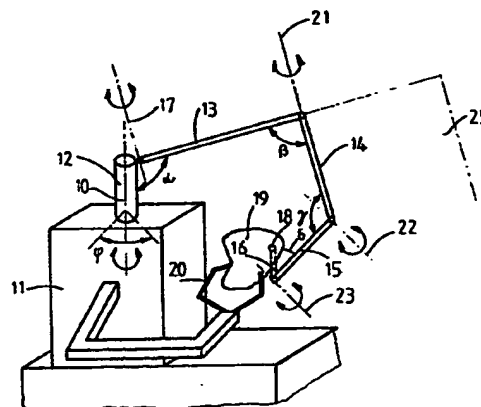
56 Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-OS 27 54 500
DE-GM 81 29 393
DE-GM 68 03 182
US 40 84 323
US 38 23 482
EP-A1 00 27 060

GB-Z: »Soviet Invention Illustrated«, v.17.2.78, X02,
S.10;
US-Z: »IBM, Technical Disclosure Bulletin«, Vol.20,
No.8, January 1978, S.3037;
JP-Z: »Patents Abstracts of Japan«, P-135, 17.8.1982,
Vol.6, No.156;

54 Verfahren und Vorrichtung zum Messen von Werkstücken in drei Dimensionen

Verfahren und Vorrichtung zum dreidimensionalen Messen von Werkstücken mittels eines dreidimensional und weitgehend richtungsunabhängig beweglichen Tasters. Das Verfahren besteht darin, den Taster über ein Mehrfach-Gelenksystem in Bewegung zu bringen. Das Mehrfach-Gelenksystem kann aus zwei oder mehr hintereinander gelenkig miteinander verbundenen Armen oder mit einem Parallelogrammgestänge ausgebildet sein. Der Tastkopf hat dann eine hohe Beweglichkeit und kann Hindernisse umgehend an einen Meßpunkt eines zu messenden Werkstückes herangeführt werden, wobei außerdem die Geschwindigkeit beim Antasten höher sein kann, als bei den starren Meßmaschinen mit Führungsschlitzen.



DE 33 10345 A1

-X-

1 gü/sd

M.A.N. MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NORNBERG
Aktiengesellschaft

5

München, 21. März 1983

10

P a t e n t a n s p r ü c h e

15

1.

Verfahren zum Messen von Werkstücken in drei Dimensionen, bei dem mit einem im Raum beweglichen Taster die Meßpunkte des Werkstückes abgetastet und die jeweiligen Positionswerte des Tasters registriert und ausgewertet werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Taster (16, 16', 38) über ein Mehrfachgelenksystem (13 bis 16; 13', 14', 16'; 35, 37) bewegt wird.

20

25

2.

Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Taster (16, 16', 38) und das Mehrfach-Gelenksystem die translatorischen und rotatorischen Bewegungen übernehmen.

30

3.

Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Taster (16, 16', 38) zusätzliche Bewegungsfreiheitsgrade hat.

3.

7.2184

- 1 4. Dreidimensionale Meßmaschine zur Durchführung
des Verfahrens gemäß Anspruch 1 mit einem
im Raum beweglichen Taster, dadurch ge-
kennzeichnet, daß der Taster (16, 16')
5 über mindestens zwei gelenkig miteinander
verbundene Armen (13 bis 16; 13', 14', 16')
mit einem raumfesten Teil (11, 11') der Meß-
maschine verbunden ist.
- 10 5. Meßmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekenn-
zeichnet, daß drei hintereinander gelenkig
miteinander verbundene Gelenkarme (13',
14', 16') vorgesehen sind, wobei das freie
15 Ende des ersten Armes (13') schwenkbar und
drehbeweglich an einem raumfesten Teil
(11') der Meßmaschine angeordnet ist und
wobei der dritte Arm den Taster (16') bildet.
- 20 6. Meßmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der erste Arm (13') gegenüber
dem raumfesten Teil (11) um zwei senkrecht
zueinander liegenden Achsen (10', 17') schwenk-
bar ist.
- 25 7. Meßmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennn-
zeichnet, daß der dritte Arm (16') gegenüber
dem zweiten Arm (14') um zwei senkrecht zuein-
ander stehenden Achsen (23', 30) schwenkbar ist.
- 30 8. Meßmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekenn-
zeichnet, daß mindestens vier gelenkig mitein-
ander verbundene Arme (13 - 16) vorgesehen sind.

35

7.2184
21.03.1983

- 1 9. Meßmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, daß der letzte Arm
(16, 16') des Gelenksystemes den Taster (16, 16')
bildet.
- 5 10. Meßmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Gelenkarme ein Parallelo-
grammgestänge (35) bilden, das an einem Ende
schwenkbar mit einem raumfesten Teil (36)
10 der Meßmaschine verbunden ist, und dessen
anderes Ende den senkrecht zur Bewegungs-
ebene des Parellelogrammgestänges beweglichen
Taster trägt.
- 15 11. Meßmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekenn-
zeichnet, daß zwischen dem freien Ende des
Parallelogrammgestänges (35) und dem Taster
(39) ein Meßschlitten (37) vorgesehen ist.
- 20 12. Meßmaschine nach Anspruch 10 oder 11, dadurch
gekennzeichnet, daß ein elastisch aufgehängter
Taster (45) vorgesehen ist.
- 25 13. Meßmaschine nach Anspruch 10 oder 11, dadurch
gekennzeichnet, daß ein elastischer Taster
(55) vorgesehen ist.
- 30

7.2184
21.03.1983

1 gü/sd

M.A.N. MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NORNBERG
Aktiengesellschaft

5

München, 21. März 1983

10

Verfahren und Vorrichtung zum Messen von
Werkstücken in drei Dimensionen

15

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Messen von Werkstücken in drei Dimensionen, bei dem mit einem im Raum beweglichen Taster die Meßpunkte des Werkstückes abgetastet und die jeweiligen Positionswerte des Tasters registriert und ausgewertet werden.

20

Bei den meisten in der Meßtechnik üblichen Mehrkoordinaten-Meßmaschinen wird der Taster mittels senkrecht zueinander bewegbaren Führungsschlitten geführt, wobei jeweils die in den verschiedenen Bewegungsrichtungen gefahrenen Wege gemessen werden.

25

Etwaige Verbiegungen der Führungsschlitten gehen als Fehler in die Messung ein. Die Meßmaschinen werden daher mit extrem steifen Führungsschlitten ausgerüstet, um die Abweichungen durch Verformungen soweit zu reduzieren, daß ihre Summe unterhalb der Meßgenauigkeit zu liegen kommt. Der Aufbau wird dabei jedoch aufgrund einer Vergrößerung der Baugröße und des höheren Materialaufwandes sehr komplex.

30

35

7.2184

1 Die fehlende Bewegungsmöglichkeit der Tastsysteme
relativ zu den Führungsschlitten bei den bekannten
Verfahren führt ferner zu hohen Anforderungen an
die Positioniergenauigkeit der Antriebe für die
5 translatorischen Bewegungen der Führungsschlitten. Dabei
ist auch wegen der im allgemeinen unterschiedlichen Lagen
der zu vermessenden Flächen ein häufiger Tasterwechsel
erforderlich, was einen zügigen Meßablauf stark hemmt.
Sogenannte Tastersterne ersetzen zwar einen mehrfachen
10 Taststiftwechsel, jedoch sind sie aufgrund ihrer Baugröße
in vielen Fällen nicht alle Meßpunkte zugänglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Meßver-
fahren zu entwickeln, mit dem bei konstruktiv einfachen
15 und sicherem Aufbau Messungen mit hoher Genauigkeit
durchführbar sind.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß
20 der Taster über ein Mehrfach-Gelenksystem bewegt wird.

Hiermit entfallen die bei den bekannten Verfahren er-
forderlichen genauen Führungssysteme sowie die bau-
aufwendige Auslegung von den Taster mit der Meßmaschine
25 verbindenden beweglichen Elementen.

Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß das
erfindungsgemäße Verfahren eine sinnvollere Kinematik
erlaubt, bei der der Taster wesentlich schneller und
30 aus unterschiedlichen Richtungen an den Meßpunkt heran-
gefahren werden kann.

35

7.2184
21.03.1983

- 1 Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung werden sämtliche translatorischen und rotatorischen Freiheitsgrade vom Taster und dem Mehrfach-Gelenksystem ausgeführt.
- 5 Hierdurch vereinfacht sich die Halterung für das zu messene Werkstück, indem diese nach fertigungs-technischen Gesichtspunkten günstig frei auslegbar ist. Bei den bekannten Meßverfahren wird üblicherweise mindestens eine Bewegung vom Werkstück durchgeführt.
- 10 Es ist vorteilhaft, wenn der Taster zu den notwendigen Bewegungsmöglichkeiten zusätzliche Freiheitsgrade besitzt, mit denen Hindernisse umgangen werden können.
- 15 Eine derartige Beweglichkeit erlaubt die Durchführung sämtlicher Messungen an einem Werkstück, ohne die Lage des Werkstückes ändern zu müssen. Das Werkstück kann dabei mit einer Klemmvorrichtung gehalten werden, so daß ein allseitiger Zugang möglich ist. Weitere Orien-
- 20 tierungsmöglichkeiten zwischen Taster und Werkstück sind hierdurch gegeben.
- Die Erfindung erstreckt sich auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, die dadurch gekenn-
- 25 zeichnet ist, daß der Taster über mindestens zwei gelenkig miteinander verbundenen Armen an einem raumfesten Teil der Meßmaschine verbunden ist.
- Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung sind drei hinter-
- 30 einander gelenkig miteinander verbundene Arme vorgesehen, wobei das freie Ende des ersten Armes schwenkbar an dem raumfesten Teil der Meßmaschine angeordnet ist und wobei der dritte Arm den Taster darstellt.

35

7.2184

21.03.1983

1. Mit einem derartigen Positioniersystem ist es möglich, mit geringer Baugröße der Meßmaschine einen sehr großen Bereich mit dem Tastkopf verfahren zu können.
- 5 Durch Einbringung von entsprechenden Bewegungsfreiheiten zwischen den Gelenkgliedern ist das Anfahren an jeden Meßpunkt des zu vermessenden Werkstückes aus unterschiedlichen Richtungen möglich. Dieses kann in einer einfachen Weise dadurch erreicht werden, daß der erste Arm gegenüber dem raumfesten Teil und der dritte Arm gegenüber dem zweiten Arm jeweils um zwei senkrecht zueinander liegenden Achsen schwenkbar sind.

Es ist auch möglich, mehr als drei Gelenkarme für das Positioniersystem vorzusehen, um damit weitere Freiheitsgrade einzubringen, die es ermöglichen, Hindernisse zu umfahren und damit den Tastkopf von allen Richtungen an das Werkstück heranzuführen. Es ist hierdurch nur ein Taster erforderlich, der in einer einfachen Art direkt das letzte Gelenkglied sein kann.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung bilden die Gelenkarme ein Parallelogrammgestänge, das an einem Ende schwenkbar mit dem raumfesten Teil der Meßmaschine verbunden ist und dessen anderes Ende den senkrecht zur Bewegungsebene des Parallelogrammgestänges beweglichen Taster trägt.

Um Abweichungen durch Verformung des Parallelogrammgestänges in der Richtung senkrecht dessen Bewegungsebene zu vermeiden, ist zwischen dem freien Ende des Parallelogrammgestänges und dem Taster ein Meßschlitten vorgesehen, der sich auf dem Meßtisch abstützt. Hierbei ist das Parallelogrammgestänge parallel zu der Meßtischebene angeordnet.

7.2184
21.03.1983

- 1 Der Taster kann als starrer Taststift ausgebildet und
beweglich am Meßschlitten befestigt sein. Zusätzlich
zur axialen Verschiebungsmöglichkeit des Tasters bzw.
des Taststiftes ist die Einbeziehung einer Schwenkbe-
5 wegung um eine senkrecht zur Taststiftachse liegende
Achse möglich. Ein weiterer rotatorischer Freiheitsgrad
wird vom Werkstück übernommen.

- Durch Berührung des Tasters mit dem Werkstück wird der
10 Taster je nach angewandter Stellkraft eine Verformung
und damit eine Auslenkung erfahren. Diese Auslenkung
läßt sich durch die Wahl eines elastischen Tasters
in meßbare Bereiche führen, in dem entweder ein starrer
Taststift elastisch aufgehängt oder ein elastischer Tast-
15 stift verwendet wird.

- Das weiche Tastsystem erlaubt ein schnelles Antasten,
ohne der Gefahr einer Beschädigung des Werkstückes
oder des Tasters und ohne Verfälschung der Messung
20 durch Verbiegung des Tasters ausgesetzt zu sein. Die
Auslenkung des Tasters wird durch Messung der dabei
ausgeübten Kraft und des Momentes in den Messungen
einbezogen.

- 25 Bei dem weichen Tastsystem ist außerdem eine ungenauere
Positionierung des Tasters möglich, da nicht genau
mit der Spitze gemessen werden muß.

- In der Zeichnung sind 5 Ausführungsbeispiele nach Er-
30 findung schematisch dargestellt.

35

7.2184
21.03.1983

1 Fig. 1 zeigt eine Meßmaschine mit einer um eine vertikale
 Achse 10 drehbar in einem raumfesten Sockel 11 ge-
 lagerten Welle 12, an der ein aus mehreren gelenkig
 miteinander verbundene Arme ausgebildetes Mehrfach-
 5 Gelenksystem 13 bis 16 schwenkbar angelenkt ist. Der
 erste Arm 13 des Gelenksystemes ist an der Welle 12
 um eine senkrecht zur Achse 10 verlaufene Achse 17
 schwenkbar befestigt. Das letzte Glied ist als Taster
 16 ausgebildet und trägt eine Tastspitze 18, die an
 10 ein zu messendes Werkstück 19 herangefahren wird. Das
 Werkstück 19 ist allseitig zugänglich von einer zangen-
 artigen Halterung 20 gehalten.

Die Arme 13 bis 16 des Gelenksystemes sind untereinander
 15 um jeweils Achsen 21 bis 23 schwenkbar miteinander ver-
 bunden, die parallel zur Achse 17 verlaufen. Auf diese
 Weise befinden sich alle Arme 13 bis 16 stets in einer
 Ebene 25, die von der Tastspitze 18 durchfahren werden
 kann.

20 Aufgrund der viergliedrigen Aufteilung des Gelenksystemes
 13 bis 16 kann ein Punkt der Ebene von allen Seiten mit
 der Tastspitze 18 in bestimmten Richtungen angefahren
 werden. Die Bewegungsfreiheit in der Ebene 25 bietet in
 25 Verbindung mit der Drehbeweglichkeit der Aktionsebene
 des Gelenksystemes 13 bis 16 die Möglichkeit, im Raum
 jeden Punkt innerhalb eines begrenzten Bereiches von allen
 Richtungen mit dem Tastkopf anzutasten. Es können daher
 ohne Umspannen oder Drehen des Werkstückes 19 alle
 30 Meßpunkte mit dem Tastkopf 18 erreicht werden. Die
 jeweilige Position des Tastkopfes wird durch Messung
 der Winkel $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ zwischen dem Arm 13 und der Welle 12
 bzw. zwischen den Armen 13 bis 16 untereinander, sowie
 der Drehung φ der Welle 12 bezüglich eines Referenzpunktes.

7.2184
 21.03.1983

- 1 Diese Messungen können entweder durch an den jeweiligen
Gelenken angeordneten Sensoren oder mit optischen
Methoden durchgeführt werden. Die optische Methode er-
laubt die Messungen von außen, d.h. mit von der Meß-
5 maschine entfernt angeordneten Instrumenten durchzu-
führen.

Die Wendigkeit des oben beschriebenen Systemes läßt sich
dadurch vergrößern, daß das letzte Glied 16 mit der
10 Tastspitze 18 noch einen weiteren Freiheitsgrad be-
sitzt, nämlich eine Drehbeweglichkeit um eine Achse,
die senkrecht zur Achse 23 und in der Linie des an-
schließenden Armes 15 liegt.

- 15 In Fig. 2 ist ein einfaches Beispiel dargestellt, bei
dem das Gelenksystem nur aus drei Armen 13', 14' und
16' besteht. In diesem Fall ist das letzte, die Tast-
spitze 18' tragende und als Taster 16 ausgebildetes
Glied um zwei senkrecht zueinander verlaufende Achsen
20 23' und 30 schwenkbar. Dieses Meßsystem ist insbe-
sondere zur Messung von auf einem Meßtisch liegenden
Werkstücken geeignet. Eine Drehung des Werkstückes 19'
bedarf es bei dieser Einrichtung jedoch nicht, dieser
Freiheitsgrad wird ebenfalls von der Meßmaschine über-
25 nommen.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Beispiel, bei dem das Gelenk-
system als Parallelogrammgestänge 35 ausgebildet ist,
das einseitig an einem raumfesten Teil 36 der Meß-
30 maschine und anderseitig an einem Meßschlitten 37
in der Parallelogrammebene schwenkbar angelenkt ist.
Der Meßschlitten 37 trägt einen senkrecht zur Parallelo-
grammebene xy verschiebbaren Taster 38 mit einer
Tastspitze 39. Der Meßschlitten 37 stützt sich an der
35 parallel zur xy-Ebene verlaufenden Fläche einer Tisch-

7.2184
21.03.1983

1 platte 40 ab, auf dem das Werkstück 41 für den Meßvorgang
abgestellt wird. Der vierte erforderliche Bewegungs-
freiheitsgrad wird vom Werkstück 41 bzw. mittelbar mit
dem Tisch 40 durchgeführt.

5

In der Ausführung gemäß Fig. 3 ist der Taster 38
in Bezug auf Biegungen starr mit dem Meßschlitten 37
verbunden. Um eventuelle Verfälschungen der Messungen
durch Verbiegung des Tasters 38 zu verhindern, kann ein
10 weiches bzw. elastisches Tastsystem vorgesehen werden.
Die Fig. 4 und 5 zeigen Ausführungsbeispiele hierzu.

15

Bei der Ausführung nach Fig. 4 ist ein starrer Tast-
stift 45 vorgesehen, der elastisch aufgehängt ist, indem
er an einem Punkt 46 schwenkbar und an einem zweiten
Punkt federnd gelagert ist. Das elastische Lager besteht
z.B. aus drei um 120° versetzte Federn 48. Auf diese
Weise wirkt sich die elastische Aufhängung in allen
Richtungen aus, so daß der Taster 45 aus jeder Richtung
20 an den Meßpunkt 49 heranfahrbar ist. Beim Anlegen des
Tasters 45 an den Meßpunkt 49 des Werkstückes 50 wird
der Taster 45 entsprechend der angelegten Kraft k um
den Lagerpunkt 46 geschwenkt. Durch Messung des Momentes
der Kontaktkraft k in Bezug auf die Lagerstelle 46 wer-
25 den die beiden Koordinaten der Abweichung 51 und der
Abstand 52 zum Lagerpunkt 46 berechnet, die dann in
der Messung des Werkstückes 50 Berücksichtigung finden.

30

Die Messung der Kontaktkraft k kann durch dreidimen-
sionale Kraftmessung bei den Lagerstellen 46 und 47
durch induktive, elektrische Verfahren oder mittels
Dehnmeßstreifen durchgeführt werden. Aus der Messung
dieser Kraft und deren Moment kann der Angriffspunkt
der Meßkraft k und ihre Richtung ermittelt werden. Hier-

35

7.2184

21.03.1983

- 1 durch ist es möglich, trotz ungenauer Positionierung des
Tasters, d.h. nicht notwendigerweise mit der Tastspitze
exakte Messungen vorzunehmen. Dadurch ist außerdem ein
einfaches selbstsuchendes Abtasten von Kanten und Ober-
5 flächen möglich, indem der Taster senkrecht zur Meßkraft
fortschreitet.

Gemäß Fig. 5 ist ein weicher Taster 55 mit starrer
Aufhängung 56 vorgesehen. Der Taster 55 ist an zwei
10 Lagerstellen 57 und 58 gefesselt. Wie beim vorhergehen-
den Beispiel wird hier ebenfalls durch Messung der Kon-
taktkraft k und deren Moment im Bezug auf die Lager-
stelle 57 und Ermittlung des Angriffspunktes der Kraft k
die Abweichung 59 des Tasters 55 in Bezug auf dessen
15 Ruhestellung errechnet.

Die Weichheit dieser Tastsysteme reduziert die Häufig-
keit der Nachstellbewegungen der Meßmaschine und steigert
somit die Meßgeschwindigkeit. Außerdem besteht trotz
20 schnellem Antasten keine Gefahr für das Werkstück oder den
Taster.

25

30

35

7.2184
21.03.1983

13
- Leerseite -

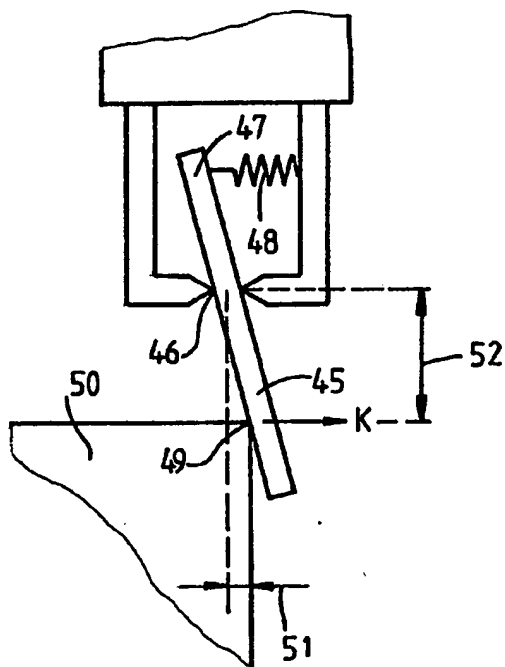
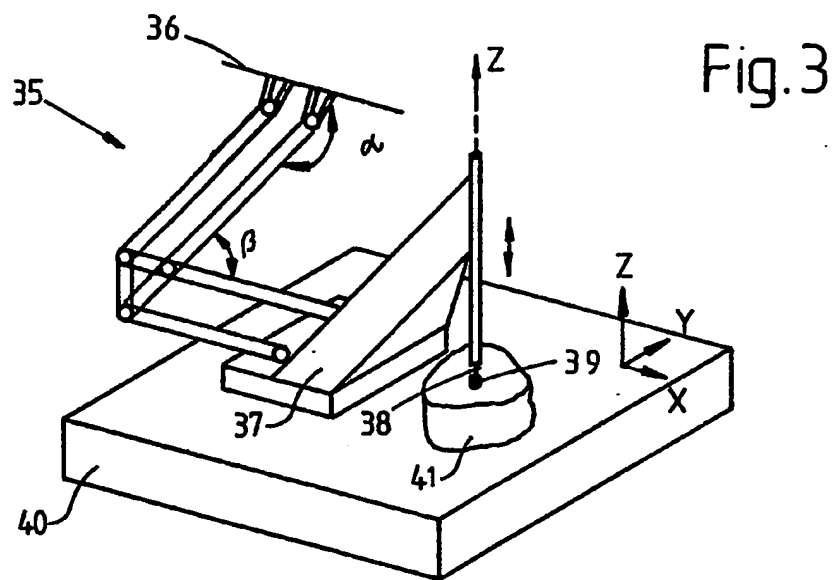


Fig. 4

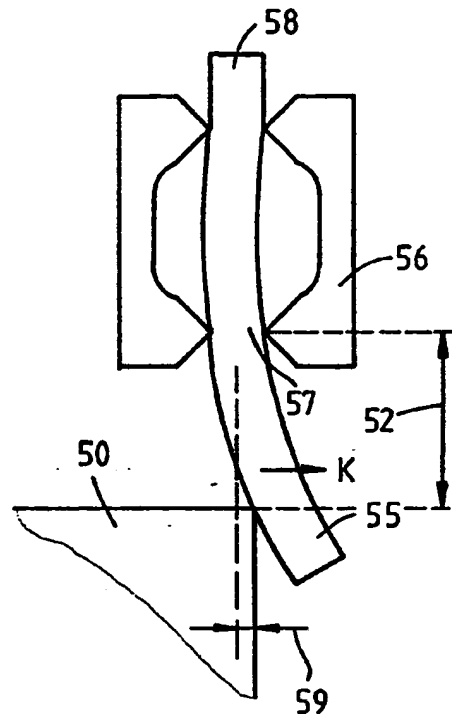


Fig. 5